

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Estimulantes foliares en producción y rendimiento de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero

Por:

Yaquelin De Castilla Chacón

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estimulantes foliares en producción y rendimiento de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero

Por:


Yaquelin De Castilla Chacón

TESIS


Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:




Dr. José Rafael Paredes Jácome
Presidente



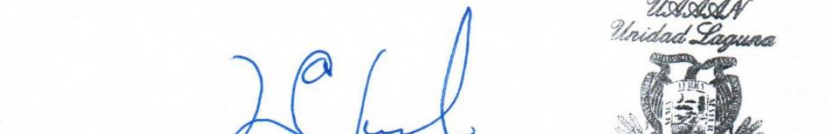
M.D. Juan Manuel Nava Santos
Vocal




Dr. Christian Silva Martínez
Vocal



Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez
Vocal Suplente



M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas


Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Unidad Laguna
Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estimulantes foliares en producción y rendimiento de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero

Por:


Yaquelin De Castilla Chacón

TESIS

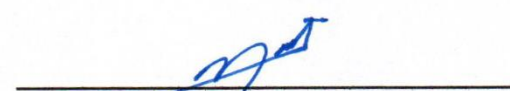
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. José Rafael Paredes Jácome
Asesor Principal



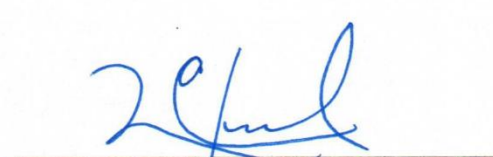
M.D. Juan Manuel Nava Santos
Coasesor



Dr. Christian Silva Martínez
Coasesor



Dra. Alejandra Cabrera Rodríguez
Coasesor



M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México

Marzo 2026

DEDICATORIAS

A mis padres **Tobías de Castilla Pérez y Adelfa Chacón Gómez**, con profundo amor y gratitud, quienes han sido parte fundamental en cada etapa de mi vida, por ser mi guía, mi fuerza e inspiración, gracias por su apoyo, amor, sacrificios, enseñanzas y por creer en mí incluso en momentos difíciles y por motivarme cada día para no rendirme. Su esfuerzo y enseñanzas me ha permitido llegar hasta aquí, este trabajo es el reflejo de todo lo que ustedes han sembrado en mí, con profundo amor y cariño.

A mi hermano **Jesús Orlando De Castilla Chacón** a ti, por ser mi compañero y parte fundamental en mi vida, gracias por creer en mí y enseñarme a no rendirme, por confiar en mí en cada paso que doy.

A mis abuelas **Rosario Gómez Rodríguez y Yolanda Pérez Martínez** quienes han sido parte fundamental en mi día a día, quienes han sido mi ejemplo de fortaleza, sabiduría y ternura a lo largo de mi vida, gracias por sus enseñanzas, por cada palabra de aliento y por el cariño incondicional que siempre me han brindado.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme dado la fortaleza y sabiduría necesaria para culminar esta etapa importante en mi vida, por acompañarme en cada paso de este camino, por las bendiciones recibidas, la oportunidad de aprender, crecer y por darme perseverancia para no rendirme y llegar hasta aquí.

A **mis padres** por apoyarme en la decisión de estar fuera de casa 4 años para cumplir mis metas, por su apoyo incondicional, su amor y constante motivación a lo largo de mi formación académica, gracias por cada esfuerzo y sacrificio realizado para brindarme la oportunidad de alcanzar esta meta. Sus enseñanzas el día a día, valores y ejemplo que han sido parte fundamental para mi desarrollo personal y profesional, agradezco profundamente su confianza brindada en mí y el impulso que siempre me han dado para seguir siempre adelante, este logro no solo es mío, sino también para ustedes, con amor y eterna gratitud.

A mi **hermano** por su apoyo y motivación a lo largo de esta etapa, tu confianza ha sido fundamental para alcanzar este logro, valoro cada consejo, cada palabra de aliento y el cariño siempre demostrado.

A mis **abuelas**, les agradezco por siempre estar en sus oraciones, por sus consejos, y el amor recibido.

A mis **amigos** por ser parte fundamental de mi vida, por convertirse en mi familia, por hacer que la carrera no costara tanto, por ser mi guía, fuerza y por tanto amor recibido, espero volver a verlos algún día.

A la **universidad** por recibirme con amor y cariño a lo largo de esta etapa y enseñarnos a valorar cada etapa de la vida.

A mis **maestros** por compartir su conocimiento conmigo y brindarme de su apoyo.

Al Dr. **José Rafael Paredes Jácome** por haberme aceptado como tesista y brindarme su conocimiento y apoyo brindado.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen e historia del cultivo de tomate	3
2.3 Características botánicas del cultivo de tomate	5
2.3.1 Sistema radical	5
2.3.2 Tallo.....	5
2.3.3 Hoja	5
2.3.4 Flor	5
2.3.5 Fruto	6
2.3.6 Semilla.....	6
3. MATERIALES Y METODOS	10
3.1 Ubicación del experimento	11
3.2 Material vegetal y siembra	11
3.4 Sistema de riego	12
3.5 Manejo del cultivo.....	12
3.5.1 Tutorio	12
3.5.2 Trasplante:	12
3.5.3 Nutrición de cultivo:.....	12
3.5.4 Poda	13
3.6 Descripción de los tratamientos.....	14
3.7 Variables agronómicas evaluadas.....	14

3.7.1	Número de frutos.....	14
3.7.2	Rendimiento.....	14
3.7.3	Diámetro de tallo	14
3.7.4	Altura de planta	14
3.7.5	Peso fresco de planta.....	15
3.7.6	Peso seco planta	15
3.7.7	Peso fresco raíz.....	15
3.7.8	Peso seco raíz.....	15
3.7.9	Diámetro polar	15
3.7.10	Peso de fruto.....	15
3.7.11	Firmeza.....	16
3.7.12	Solidos solubles totales.....	16
3.7.13	Vitamina C.....	16
2.10	Análisis estadístico	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1	Número de frutos.....	17
4.2	Rendimiento.....	18
4.3	Diámetro de tallo, Altura de planta y Peso seco de raíz	19
4.4	Peso fresco planta.....	21
4.5	Peso seco planta	22
4.6	Peso fresco raíz.....	23
4.7	Diámetro polar	24
4.8	Diámetro Ecuatorial	25
4.9	Peso de fruto.....	26
4.10	Firmeza.....	27
4.11	Solidos solubles	28
4.12	Vitamina C.....	29
5.	CONCLUSIONES.....	30
6.	REVISION BIBLIOGRAFICA	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del tomate -----	7
Tabla 3. Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades -----	13
Tabla 4. Descripción de tratamientos aplicados -----	14
Tabla 5. Resultados obtenidos en diámetro de tallo, altura de planta y peso seco raíz -----	20
Tabla 6. Resultado de la variable diámetro polar de tomate -----	24
Tabla 7. Resultado obtenido en la variable Vitamina C en fruto de tomate -----	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación en donde se llevó a cabo el experimentó -----	11
Figura 2. Número de frutos por planta de tomate con los diferentes bioestimulantes-----	18
Figura 3. Rendimiento en gramos por planta de tomate con los diferentes bioestimulantes-----	19
Figura 4. Peso fresco planta de tomate con los diferentes bioestimulantes ---	22
Figura 5. Peso seco de planta de tomate con los diferentes bioestimulantes -	23
Figura 6. Peso fresco de raíz de tomate con los diferentes bioestimulantes---	24
Figura 7. Diámetro ecuatorial de tomate con los diferentes bioestimulantes --	26
Figura 8. Peso del fruto de tomate con los diferentes bioestimulantes -----	27
Figura 9. Firmeza del fruto de tomate con los diferentes bioestimulantes -----	28
Figura 10. Firmeza del fruto de tomate con los diferentes bioestimulantes ----	29

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los más importantes dentro de la producción hortícola a nivel mundial debido a su alto valor económico, su amplia aceptación en la alimentación humana. Además, es una fuente importante de vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes como el licopeno que contribuye a la salud humana. El uso de bioestimulantes en la producción de tomate ha cobrado gran relevancia en los últimos años, ya que estos productos favorecen el crecimiento y desarrollo de la planta al mejorar la absorción de nutrientes, estimular la actividad fisiológica y aumentar la tolerancia a condiciones de estrés ambiental. Asimismo, los bioestimulantes pueden contribuir a mejorar el rendimiento y la calidad de los frutos. El presente experimento se realizó con la finalidad de evaluar el rendimiento del cultivo de tomate, tipo saladette de la variedad canelo, bajo condiciones controladas, mediante la aplicación de diferentes bioestimulantes foliares. Se implementó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos: T1 (testigo), T2 (extracto de algas marinas a una concentración de 2.5 g/L), T3 (guano de murciélago a 5 ml/L) y T4 (aminoácidos a 5 ml/L). Se evaluaron diferentes características agronómicas y calidad del fruto como son; altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento, número de los frutos, peso fresco y seco de la planta, peso fresco y seco de la raíz, diámetro polar y diámetro ecuatorial, vitamina C, peso promedio de los frutos y sólidos solubles totales. De acuerdo al análisis de varianza, y la prueba de comparación de medias, los resultados más sobresalientes fueron: T3 en la variable número de frutos, rendimiento, peso fresco, peso seco planta, peso fresco raíz, T2 diámetro ecuatorial, T4 peso fruto, firmeza y el tratamiento testigo solo fue superior la variable de sólidos solubles totales; contribuyendo así a informar el efecto que los estimulantes orgánicos generan en el cultivo de tomate.

Palabras clave: Bioestimulantes, Calidad, Tomate, Guano de murcielago

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado una de las hortalizas de mayor relevancia económica y social en México, debido a su alta demanda en el mercado interno y su papel estratégico en las exportaciones agrícolas. En el ámbito económico, México se posiciona como uno de los principales productores y exportadores de tomate a nivel mundial, siendo Estados Unidos su principal destino comercial. Esta dinámica genera divisas y empleo en toda la cadena productiva, desde la producción en campo abierto e invernadero hasta la comercialización y distribución, consolidando al tomate como un motor de desarrollo regional y nacional (SIAP, 2024).

En el aspecto social, el tomate es un alimento básico en la dieta mexicana, presente en la mayoría de los platillos tradicionales y consumidos diariamente por la población. Su disponibilidad constante, gracias a los sistemas de producción protegida, asegura el acceso a un producto nutritivo y culturalmente indispensable. Además, el cultivo de tomate fortalece la economía de comunidades rurales, ya que constituye una fuente de ingresos estable para pequeños y medianos productores, contribuyendo al bienestar social y al desarrollo regional (Blog Agricultura, 2024; InfoAgro México, 2025).

El tomate es un cultivo clave en México y el mundo por su valor económico y nutricional. Además de aportar vitaminas, minerales y antioxidantes, posee múltiples propiedades medicinales (como ser diurético, digestivo y desinflamatorio) que lo consolidan como un alimento funcional esencial (Ciencia UNAM, 2024).

Un bioestimulante es una sustancia o microorganismos que al aplicarse en las plantas son capaces de mejorar su eficacia en asimilación y absorción de nutrientes, tolerancia a estrés abiótico o biótico o mejorando características agronómicas del cultivo, independiente en el contenido de nutrientes, también proporciona incrementos en el rendimiento el cultivo, vigoriza y estimula, desde la germinación, hasta la fructificación, también ofrece un potencial para mejorar la calidad y producción de las cosechas (Hamedani et al 2020).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de estimulantes foliares sobre la producción y el rendimiento del tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado bajo condiciones de invernadero.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la influencia de diferentes tipos de estimulantes foliares en el crecimiento vegetativo del tomate saladette bajo invernadero.
- Determinar el impacto de los estimulantes foliares en el rendimiento y calidad de los frutos de tomate saladette, considerando parámetros como número de frutos, peso promedio y características fisicoquímicas.

HIPÓTESIS

La aplicación de estimulantes foliares en tomate saladette bajo invernadero incrementa significativamente la producción y el rendimiento del cultivo, mejorando tanto el crecimiento vegetativo como la calidad de los frutos en comparación con plantas sin aplicación de estimulantes.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia del cultivo de tomate

El tomate conocido científicamente como (*Solanum lycopersicum*), es un cultivo originario del continente de americano, particularmente de la región andina de Sudamérica, que abarca áreas de Perú, Ecuador, el norte de Chile y las islas Galápagos, en estas zonas se desarrollaban especies silvestres que dieron origen a las variedades cultivadas actualmente. Posteriormente, su domesticación y utilización se consolidaron en Mesoamérica, especialmente en México, donde diversas culturas prehispánicas lo incorporaron en su alimentación, principalmente en la preparación de salsas y otros platillos tradicionales. Después de la llegada de los europeos a América en el siglo XVI, el tomate fue introducido en España y posteriormente se difundió hacia otros países de Europa como Italia y Francia. En sus primeras etapas en el continente europeo, esta planta fue considerada principalmente ornamental debido a su desconfianza que generaba su consumo. Sin embargo, con el paso del tiempo comenzó a integrarse gradualmente en la gastronomía europea. En la actualidad en tomate se ha convertido en uno de los cultivos hortícolas más relevantes y consumidos a nivel mundial (Gonzales, 2024).

2.2 Importancia del cultivo de tomate

Es una de las hortalizas de mayor relevancia a nivel nacional y mundial debido a su gran amplia aceptación en la alimentación humana y su significativo valor económico dentro del sector agrícola. Su producción se destina en fresco como a la elaboración de diversos productos industrializados, entre los que destacan salsas, pures y jugos. Asimismo, el tomate se encuentra entre los cultivos hortícolas más producidas en el mundo, lo que demuestra su importancia en los sistemas de producción agrícola y su contribución al abastecimiento alimentario de la población (FAO, 2021).

Además de su versatilidad, el tomate es muy saludable, rico en fibra y bajo en calorías, aporta vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes esenciales para el organismo. Entre los nutrientes se destacan altos niveles de potasio y zinc, una de sus propiedades más importantes es su capacidad antioxidante, atribuida

principalmente al licopeno, sustancia que, junto con otros compuestos, contribuye a reducir el riesgo de desarrollar tipo cierto de cánceres y otros padecimientos (Luna Guevara, 2014).

Además, el cultivo de tomate representa una actividad económica relevante, ya que genera empleo y beneficios económicos en diferentes etapas de la cadena productiva, desde la producción hasta la comercialización y transformación industrial. En muchos países, especialmente en producción bajo agricultura protegida como invernaderos, este cultivo ha demostrado altos niveles de productividad y calidad del fruto. Debido a estas características, el tomate es considerado uno de los cultivos hortícolas más rentables y de mayor relevancia económica para los productores (Heuvelink, 2018).

2.2.1 Producción Nacional

En México, durante el ciclo agrícola 2024. La producción de tomate rojo alcanzó los 3 millones 723 mil toneladas al cierre de diciembre. Dentro de las entidades federativas, Sinaloa se posicionó como el principal productor con 800.1 mil toneladas, lo que representó el 21.4% del total nacional. Le siguieron San Luis Potosí con 458.2 mil toneladas (12.3%), Michoacán con 339.4 mil toneladas (9.1%) y Morelos con 210.4 mil toneladas (5.6%) (SIAP, 2024).

2.2.2 Producción mundial

El tomate es una de las hortalizas más producidas a nivel mundial, tanto en el consumo fresco como para industria. Su importancia radica en la combinación en valor nutricional, versatilidad culinaria y peso económico en el comercio agrícola internacional. En 2023 la producción mundial del tomate se estimó de acuerdo con los datos de FAOSTAT. El mayor productor fue China, con aproximadamente 67 millones de toneladas lo que representa más del 30 % del total global. Le siguieron India con cerca del 21.5 millones de toneladas, Turquía con 13.5 millones de toneladas, Estados Unidos con 10.9 millones y Egipto con 7.3 millones. Otros países con cifras relevantes fueron. Italia, España, México, Irán y Brasil. En conjunto la superficie cultivada superó los 5.41 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 3.55 kg/m³ (FAO, 2024).

2.3 Características botánicas del cultivo de tomate

2.3.1 Sistema radical

El sistema radical es superficial y está constituido por la raíz principal que es (corta y débil), las raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Dentro de la raíz se encuentra la epidermis, donde están ubicados los pelos absorbentes, ya que ellos se especializan en tomar los nutrientes y agua, el córtex donde se sitúa la xilema (Jaramillo et al 2007).

2.3.2 Tallo

El tallo principal es de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto de pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis sobre el tallo y se van desarrollando las hojas, inflorescencia y tallos secundarios. Su estructura es de fuera hacia adentro, consta de 1 epidermis de la que parte hacia el exterior de los pelos glandulares, 2 corteza o córtex; cuyas células más externas son las fotosintéticas y las internas son colenquimáticas, 3, cilindro vascular y por último, el tejido medular (Jaramillo et al 2007).

2.3.3 Hoja

Cada hoja de tomate, está formada por varios pares de hojuelas con 7 o 9 folíolos, generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado recubiertos con pelos glandulares, las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo, con las yemas se producen flores o tallos adicionales ya que están situadas en la axila cuando se trata de tomate indeterminado y en el ápice o punta cuando crece de forma determinada (Lesur 2006).

2.3.4 Flor

La flor es hermafrodita y su estructura favorece la autopolinización. Está formada por sépalos, pétalos, estambre y pistilo, con un ovario que puede contener entre 2 y 20 óvulos, lo cual influye en la forma del fruto. Las flores pequeñas, amarillas (1-2 cm de diámetro) y se agrupan en racimos de 4 a 20 flores, pudiendo llegar a 40 en algunas variedades. La polinización ocurre principalmente por el viento y se favorece con temperaturas adecuadas, sin embargo, condiciones extremas o baja luminosidad pueden provocar la caída de flores sin formación del fruto (Lesur, 2006).

2.3.5 Fruto

Es una baya que presenta diferente tamaño, forma, consistencia, composición y color, dependiendo de la maduración. Está constituido por piel o epidermis, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser, bi, tetri, tetra o pluriloculares, en los lóculos se forman las semillas (FAO 2007).

2.3.6 Semilla

La semilla es pequeña, ovalada y aplanada con tamaño promedio de 3.5 mm, está constituida por el embrión, la testa o cubierta y endospermo. El embrión es lo que dará como resultado la planta, está constituida por la yema apical, radícula y el hipocotilo. El endospermo funciona como reserva de nutrientes para el desarrollo inicial del embrión. La cubierta o testa, de color café claro, está cubierta por una fina capa de falsos pelillos, resultados de células suberizadas provenientes de una pared celular, además las semillas se encuentran rodeadas por células de parénquima con apariencia gelatinosa (Nuez et al 2024).

2.4 Calidad nutracéutica del cultivo de tomate

El tomate (*Solanum Lycopersicum*) es reconocido como una hortaliza de alto valor nutraceutico debido a la presencia de diversos compuestos bioactivos que aportan beneficios para la salud humana, entre los más importantes se encuentran los carotenoides, especialmente licopeno, además de vitamina C, compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales presentan una notable capacidad de antioxidante. Estos compuestos ayudan a disminuir el daño causado por los radicales libres en el organismo y se asocian con la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas como afecciones cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Escobar Hernández et al 2024).

El licopeno es el carotenoide predominante en el tomate y el responsable de su color característico. La concentración de este compuesto suele incrementarse conforme al fruto avanza su proceso de maduración, lo que contribuye a mejorar su valor nutraceutico. Asimismo, el licopeno posee una elevada actividad antioxidante y puede

favorecer la disponibilidad de algunos nutrientes en el organismo, ayudando a proteger las células frente al estrés oxidativo (García Alonso et al 2007).

Además de estos compuestos, el tomate aporta minerales esenciales como potasio y diversas vitaminas que participan en procesos metabólicos importantes para el organismo humano, debido a la combinación de antioxidantes, vitaminas y compuestos bioactivos, el consumo frecuente de tomate se relaciona con beneficios nutricionales significativos, por lo que este cultivo es considerado un alimento funcional de gran importancia alimenticia humana (Panchal 2025).

2.5 Clasificación taxonómica de tomate

Tabla 1. Taxonomía del tomate

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Lycopersicum</i>
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae

(Peralta, 2020)

2.6 Estimulantes foliares en la agricultura

Bioestimulantes

Los bioestimulantes agrícolas están definidos como compuestos naturales o microorganismos que se aplican a semillas o plantas con el fin de estimular el proceso fisiológico lo cual su acción favorece la ruptura de la latencia, impulsa el crecimiento vegetal y el desarrollo del sistema radicular de la planta, además de ello, se incrementa la eficiente en los nutrientes, ya que fortalece la tolerancia a diferentes condiciones de estrés y ayudan a mejorar la calidad de los cultivos (Du Jardin 2015, Parađiković et al 2019).

Algas marinas:

Los bioestimulantes derivados de algas marinas han adquirido una gran importancia en la agricultura, debido a su capacidad para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, estos productos obtienen principalmente de diferentes especies de algas que contienen compuestos bioactivos capaces de bioestimular procesos fisiológicos en las plantas. Entre las algas más utilizadas se encuentra *Ascophyllum nodosum*, la cual es ampliamente empleada en la elaboración de extractos comerciales para uso agrícola. Los extractos de algas marinas contienen diversas sustancias benéficas como fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberlinas), aminoácidos, vitaminas, polisacáridos y minerales. Estos compuestos favorecen procesos como la germinación, desarrollo radicular, la absorción de nutrientes y la tolerancia de plantas a condiciones de estrés ambiental, tales como sequía, salinidad o temperaturas extremas (Khan et al 2009).

Asimismo, el uso de bioestimulantes a base de algas marinas puede contribuir a mejorar el rendimiento y calidad de los diferentes cultivos, además de fortalecer los mecanismos de defensa de plantas y enfermedades (du jardín 2015).

Guano de murciélago:

Es un fertilizante orgánico utilizado con frecuencia en la agricultura debido a su alto contenido de nutrientes y a la presencia de varios microorganismos benéficos que favorecen el desarrollo de los cultivos. Se distingue por su importancia aporte de macronutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K), además de micronutrientes como calcio, magnesio, hierro y zinc, los cuales desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas. El guano también contiene materia orgánica, ácidos húmicos y una amplia variedad de microorganismos que contribuyen a mejorar la actividad biológica del suelo, ya que estos favorecen diversos procesos fisiológicos de las plantas, incrementa la disponibilidad y absorción de nutrientes y estimulan el desarrollo del sistema radicular y el crecimiento vegetativo, también su aplicación contribuye a mejorar la estructura del suelo, aumentando su capacidad para retención de agua y una gran fertilidad (Piraquive Bermúdez et al 2024).

Aminoácidos:

Los aminoácidos son moléculas orgánicas que son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de plantas, ya que constituyen los componentes básicos de las proteínas y participan en numerosos procesos metabólicos esenciales. Dentro del metabolismo vegetal, estos compuestos intervienen en la información de enzimas, hormonas y otras sustancias necesarias para el correcto funcionamiento de las células vegetales. Los aminoácidos no solo forman proteínas, sino que regulan el crecimiento y la adaptación ambiental de las plantas. Además, actúan como precursores de fitohormonas y son clave en procesos vitales como la fotosíntesis y el desarrollo de tejidos. Los aminoácidos ayudan a las plantas a tolerar el estrés abiótico (sequía, salinidad o calor) manteniendo su equilibrio celular. Por esta razón, se usan en la agricultura como bioestimulantes para potenciar el crecimiento, la productividad y la resistencia de los cultivos (Colla et al 2014).

2.8 Modo de acción de los bioestimulantes**Algas marinas**

Las algas contienen fitohormonas, polisacáridos, aminoácidos y minerales que estimulan el proceso fisiológico, como el desarrollo de las raíces, la síntesis de clorofila y la división celular. También activa mecanismos de defensa y aumenta la tolerancia a estrés abiótico, contribuyendo a mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Khan et al 2009).

Guano de murciélago

Consiste en el mejoramiento de la fertilidad del suelo, ya que promueve la actividad microbiana y aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente, nitrógeno, fósforo y potasio. Contribuye también en el desarrollo del sistema radicular y favorece una mejor absorción de agua y minerales lo que refleja en un crecimiento más vigoroso de los cultivos (Sánchez et al 2017).

Aminoácidos Participa en el metabolismo vegetal al intervenir en la síntesis de las enzimas, proteínas y las fitohormonas. También ayuda con la regulación del equilibrio osmótico y la respuesta de las plantas al estrés ambiental (Calvo et al 2014).

2.7 Ventajas y desventajas de los bioestimulantes

Tabla 2. Ventajas y desventajas de bioestimulantes

Estimulante foliar	Ventajas	Desventajas
Algas marinas	<p>Incrementan el rendimiento y calidad de los cultivos y aumenta la tolerancia al estrés abiótico como sequía o salinidad (Chambilla et al 2025).</p> <p>Mejoran la absorción de nutrientes y desarrollo radicular (Intagri 2022).</p> <p>Contienen fitohormonas, vitaminas, minerales, polisacáridos y estimulan el crecimiento vegetal (Espinosa et al 2020).</p>	<p>Su efecto depende de condiciones ambientales y de manejo agronómico, asimismo la efectividad puede variar dependiendo de la especie, alga y el método de extracción (Espinosa et al 2020).</p>
Guano de murciélago	<p>Fertilizante rico en nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además de contener microorganismos beneficiosos que favorecen la fertilidad del suelo y el crecimiento de plantas (Piraquive Bermúdez et al 2023).</p> <p>Mejora la actividad microbiana y estimula el desarrollo radicular y floración (Ecoland 2023).</p>	<p>Su disponibilidad puede ser limitada en algunas regiones, además si se aplica en exceso puede provocar desequilibrios nutricionales en el suelo (Piraquive Bermúdez et al 2023).</p>
Aminoácidos	<p>Favorecen la absorción de nutrientes el crecimiento radicular al igual, mejora tolerancia al estrés ambiental, también participa en la síntesis de proteínas, enzimas y fitohormonas esenciales para el metabolismo vegetal (Calvo et al 2014).</p>	<p>El costo puede ser mayor que otros bioestimulantes, y su eficacia también depende de la dosis aplicada y el estado fisiológico de la planta (Calvo et al 2014)</p>

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el departamento de Horticultura, ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, a 25°33'23" de latitud Norte y 103°22'30" de longitud Oeste.



Figura 1. Ubicación en donde se llevó a cabo el experimento

3.2 Material vegetal y siembra

Como material vegetal se utilizó un híbrido de tomate saladette, (Canelo) de la casa semillera Hazera, colocadas en charolas de unicel con 50 % perlita y 50 % vermiculita, durante 40 días.

3.3 Sistema de producción

Sistema de producción bajo invernadero es obtener producciones con alto valor agregado, además de: resguardar cultivos ante bajas y altas temperaturas, contra sitios áridos y semi áridos, contra plagas, malas hierbas, viento y otros agentes dañinos, al igual economizar el consumo de agua en zonas en donde el agua es escasa, generar productos de alta calidad, hacer más productivas las áreas en donde

se encuentran los cultivos establecidos y poder producir en cualquier época del año, sin que afecte a las plantas.

3.4 Sistema de riego

Se empleó un rotoplas con capacidad de 450 litros, en el cual se instaló una bomba, encargada de suministrar la solución nutritiva hacia las plántulas y opto por realizar un sistema de riego tipo L, que consiste en una estaca con forma de L conectada a la línea lateral del riego, el cual conduce directamente hacia la base de la planta, la parte vertical se introduce cerca de la raíz, permitiendo el agua se distribuya directamente en la zona radicular. El gasto de riego presento un caudal aproximado de 1 a 4 L/h por planta.

3.5 Manejo del cultivo

3.5.1 Tutoreo

La finalidad de este sistema en el manejo de cultivo, es para que las plantas de tomate tengan un soporte, ya que las plantas fueron de tomate indeterminado y el tallo que tiene no es capaz de poder mantenerse erecto, en esta actividad fue utilizaron anillos y rafia para mejorar su soporte y poder guiar las plantas sobre ella, lo cual se sujetaban al alambión instalado en una estructura especial dentro del invernadero para el soporte de ellas.

3.5.2 Trasplante:

El trasplante se llevó acabo después de 60 días de la germinación de las plántulas, se seleccionaron las plantas mejores plántulas uniformes, con un buen sistema radicular, el trasplante se realizó en bolsas de polietileno negra utilizando arena.

3.5.3 Nutrición de cultivo:

En la nutrición del cultivo se llevó acabo con una solución Steiner, la cual proporciona una relación balanceada de macro y micronutrientes, la solución se preparó con sales

solubles que aportan nutrientes esenciales como nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio y sulfato de magnesio. Además, se añadieron ácidos, como el nítrico y fosfórico, para tener un buen ajuste de pH y aporte de nutrientes.

3.5.4 Poda

Las plantas de tomate suelen ser de mucho crecimiento, principalmente de tomate indeterminado, por lo cual se realizan podas de hojas en las plantas para mejorar su aireación sobre estas y evitar la reproducción de plagas y enfermedades, así como también mejorar la entrada de luz para la maduración de los frutos.

Se realizaron podas cada que se consideraba de los brotes axilares (llamados chupones), con el fin de evitar el crecimiento de ellos, el propósito es que no extraigan los nutrientes de los frutos y el crecimiento de las plantas.

3.5.5. Protección fitosanitaria del cultivo

Después de realizar monitoreo en el cultivo, y detectar la presencia de plagas se optó por realizar aplicaciones de insecticidas con el objetivo de reducir la incidencia de plagas (Tabla 3).

Tabla 2. Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades

Función	Ingrediente Activo	Nombre comercial	Dosis
Insecticida	Flupiradyfurone	Sivanto	1 ml/L
Insecticida	Abamectina	Abamectina Delta	2ml/L

3.6 Descripción de los tratamientos

Se utilizaron diferentes concentraciones de los estimulantes foliares, de acuerdo a la etiqueta del producto y al cultivo evaluado (Tabla 4).

Tabla 3. Descripción de tratamientos aplicados

Tratamientos	Bioestimulantes	Volumen
T1	Sin aplicación	0
T2	Algas marinas	2.5 g/L.
T3	Guano de Murciélago	5.0 ml/L
T4	Aminoácidos	5.0 ml/L.

3.7 Variables agronómicas evaluadas

3.7.1 Número de frutos

En esta variable se tomaban 4 tomates de cada tratamiento y se cosechaban los mejores frutos y luego se contabilizaban para ver cuantos tomates dio por planta, eso se realizaba en cada planta de cada tratamiento.

3.7.2 Rendimiento

Cada tomate fue pesado y registrado de la planta y del racimo que provenía cada uno, al final se obtuvo el peso total de los tomates por cada planta de los racimos que se lograron sacar.

3.7.3 Diámetro de tallo

Para medir esta variable se utilizó un vernier, verificando que las mordazas del vernier estuvieran bien colocadas en el tallo y verificar que estuviera en cero, para así después medir y poder sacar correctamente el diámetro del tallo de cada planta.

3.7.4 Altura de planta

Esta variable fue evaluada con un flexómetro, para evitar malos cálculos, la medición se realizó del nivel de la arena hasta el ápice de la planta.

3.7.5 Peso fresco de planta

En esta variable se realizó cosechando las mejores plantas de los tratamientos, se cortaron, se pesaron con una báscula con una capacidad de 5 kg y después se metieron bolsas de papel.

3.7.6 Peso seco planta

Se utilizó una estufa eliminando toda el agua del tejido de la planta y así obtener la materia seca de cada materia seca, después de dos días se pesó en una báscula, anotando cada uno de los resultados en gramos (g).

3.7.7 Peso fresco raíz

En esta variable se realizó cosechando las mejores plantas de los tratamientos, se cortaron, se pesaron con una báscula con una capacidad de 5 kg y después se metieron bolsas de papel.

3.7.8 Peso seco raíz

La determinación de peso seco de la raíz, se realizó tras someter las raíces en proceso de secado en estufa a temperatura constante hasta alcanzar un peso, una vez logrado este punto, se registró el valor utilizado en la balanza, lo que permitió cuantificar la biomasa radicular acumulada.

3.7.9 Diámetro polar

Esta variable se evaluó utilizando un vernier, para saber el diámetro del fruto cosechado, desde la base del pedúnculo, hasta el ápice del fruto de tomate, ya que se midió la longitud vertical, ya que es crucial para caracterizar la forma y el crecimiento del fruto.

3.7.10 Peso de fruto

Se pesó cada fruto en una báscula con una capacidad de 5 kg con resultados de medición precisos.

3.7.11 Firmeza

En esta variable se evaluó utilizando un penetrometro y el fruto de tomate, se presionó el penetrometro de forma uniforme en el centro del tomate, eso nos permitió monitorear la evolución de la maduración y la firmeza.

3.7.12 Sólidos solubles totales

El refractómetro digital, permitió medir los sólidos solubles totales de los frutos de tomate. Los frutos se cortaron a la mitad y después se tomó una mitad del tomate y se exprimó realizando el análisis.

3.7.13 Vitamina C

En esta variable se utilizó el método de Thielman, el cual se basa a una reacción sencilla oxido-reducción, se realizaron activos en las mismas muestras y se tomaron los datos obtenidos para determinar el análisis.

3.8 Análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental con bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. El programa estadístico utilizado para realizar el análisis de varianza (ANVA) fue SAS 9.1 y se realizó la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de frutos

De acuerdo al análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable número de frutos (Figura 2), podemos observar que el tratamiento 3 tuvo una mayor diferencia significativa favoreciéndolo con un 30.17% al tratamiento 4 que tuvo el menor número de frutos. Esto se debe a que el guano de murciélago incrementa el número de frutos en el cultivo de tomate principalmente debido a que contiene fósforo que ayuda con la mejora de fructificación y floración de las plantas a comparación con los aminoácidos.

Estos resultados contradicen con lo reportado por Rojas et al (2023), donde evaluó los efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de tomate donde se observó que el tratamiento con algas marinas fue el que obtuvo mayor número de frutos por planta. De acuerdo a los resultados, los tratamientos de ambos estudios presentan diferencias en tipo de bioestimulante la cual genera mayor número de frutos, esto se puede deber a factores como las condiciones climáticas, variedad del tomate, dosis de aplicación o el manejo agronómico.

Así mismo, estos resultados coinciden con lo reportado por Polanco Puerta et al (2019), donde se evaluaron el efecto de un bioestimulante foliar sobre variables productivas del cultivo de tomate y observaron que la aplicación del bioestimulante incremento el número de frutos por planta en comparación con otros tratamientos y testigos, sin embargo, en ambos estudios se evidencia que no todos los productos generan el mismo efecto, ya que pueden ser distintos factores, como las condiciones ambientales, la dosis y frecuencia de aplicación de los productos las cuales influyen en el desarrollo y productividad de la planta.

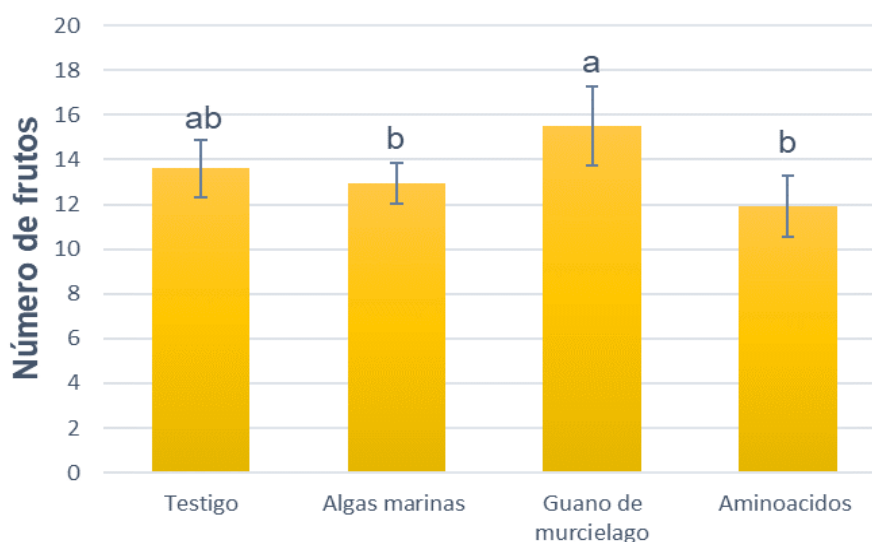


Figura 2. Número de frutos por planta de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.2 Rendimiento

De acuerdo al análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable rendimiento (figura 3), podemos observar que el tratamiento 3, guano de murciélago tuvo una mayor diferencia significativa, favoreciéndolo con un 25.87% al tratamiento 4 que tuvo el menor rendimiento. Esto se debe a que el guano de murciélago incrementa el rendimiento en el cultivo de tomate, porque favorece procesos fisiológicos como el crecimiento vegetativo y la formación de frutos lo que puede traducirse en un mayor rendimiento de cultivo.

Los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por García Trujillo (2024), quien evaluó diferentes factores relacionados con el manejo y la productividad de tomate, observando que el rendimiento de tomate puede incrementarse cuando existe una adecuada disponibilidad de nutrientes. De manera similar, en el presente estudio, el tratamiento con guano de murciélago, fue el que presentó el mayor rendimiento en comparación con los tratamientos de algas marinas, aminoácidos y el testigo. De acuerdo con los resultados se evidencia que la nutrición vegetal influye a la productividad del tomate, aunque pueden presentarse diferencias en el tipo de tratamiento que genere el mayor tratamiento.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Gonzales Resabala et al (2021), donde se evaluaron diferentes bioestimulantes y se observó que algunos tratamientos presentaron mayor rendimiento, evidenciando que la aplicación de insumos que favorece el desarrollo y la nutrición puede incrementar el rendimiento y producción. Sin embargo, se obtuvieron mejores resultados con otros bioestimulantes como sustancias húmicas o aminoácidos.

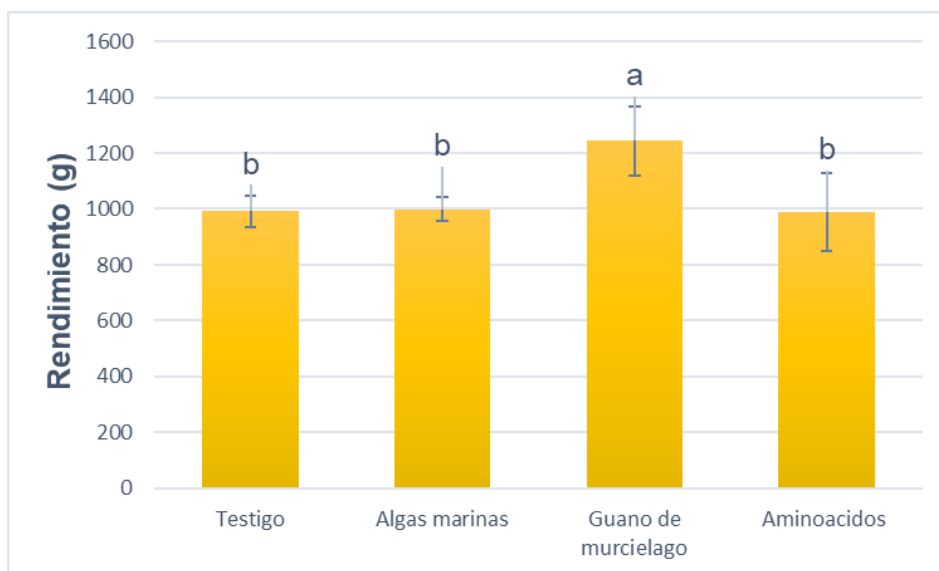


Figura 3. Rendimiento en gramos por planta de tomate con los diferentes estimulantes foliares

4.3 Diámetro de tallo, Altura de planta y Peso seco de raíz

De acuerdo con el análisis de varianza y comparación de medias, para la variable Diámetro de tallo, Altura de planta y Peso seco de raíz podemos observar en los tratamientos (testigo, algas marinas, guano de murciélago y aminoácidos), que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos, aunque algunos tratamientos presentaron valores numéricamente superiores (Tabla 5).

Estos resultados en cuanto a diámetro de tallo se contradicen parcialmente con lo reportado por Gómez Gutiérrez (2022), donde se evaluó el efecto de diferentes bioestimulantes orgánicos sobre variables de crecimiento. Se observó que algunos valores que algunos tratamientos incrementaron el crecimiento vegetativo de las

plantas, reflejando en mayores valores de diámetro de tallo, lo que indica que la aplicación de ciertos bioestimulantes, puede estimular procesos fisiológicos asociados al desarrollo estructural de la planta y el aumento del vigor vegetativo, ambos estudios se pueden atribuir por concentración de bioestimulantes, estado nutricional del suelo, disponibilidad de potasio, frecuencia de riego, ya que estos efectos pueden influir directamente en el diámetro de tallo.

Tabla 4. Resultados obtenidos en diámetro de tallo, altura de planta y peso seco raíz

Tratamiento	Diámetro de tallo (mm)	Altura de planta (m)	Peso seco de raíz (g)
Testigo	10.42 ± 1.27 a	1.96 ± 0.15 a	6.4 ± 3.58 a
Algas marinas	11.00 ± 0.34 a	2.04 ± 0.20 a	6.8 ± 4.38 a
Guano de murciélago	10.98 ± 0.76 a	1.92 ± 0.15 a	5.6 ± 2.97 a
Aminoácidos	10.92 ± 1.15	1.90 ± 0.16 a	3.4 ± 1.67 a

En cuanto a la altura de planta estos resultados coinciden con lo reportado por Bianca Mailen (2025), en el trabajo de aplicación de bioestimulantes y fitorregulador para el vigor y rendimiento de tomate, dónde se evaluó la aplicación de aminoácidos y un fitorregulador en tomate. En dicho estudio se determinó que la altura de las plantas no fue influenciada significativamente por los tratamientos aplicados, ya que los análisis estadísticos no mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados. Por lo tanto, los resultados de ambos coinciden, ya que en ambos casos los bioestimulantes aplicados no generaron incrementos significativos en la altura de planta del cultivo de tomate. Esto sugiere que la respuesta de esta variable de altura de planta puede estar más relacionada con factores fisiológicos propios del cultivo y condiciones ambientales que con la aplicación de bioestimulantes.

En cuanto al peso seco de raíz, se contradice parcialmente con lo reportado por Rivera Avilés (2018), donde se evaluó el efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento y desarrollo en plantas de tomate y se observó un incremento significativo en el peso seco de raíz en comparación con otros tratamientos. Sin embargo, en ambos estudios evidencia que no todos los productos generan el mismo efecto en el crecimiento radicular, ya que diversos factores pueden influir en el desarrollo del sistema radicular y en la acumulación en las plantas.

4.4 Peso fresco planta

De acuerdo al análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable Peso fresco planta (figura 4), podemos observar que el T3 Guano de murciélago, tuvo una mayor diferencia significativa favoreciéndolo con un 40.08% al T2 (Algas marinas), que tuvo menor peso fresco planta. Esto se debe a que el guano tiene una relación directa y positiva con el peso fresco de la planta, promoviendo un mejor desarrollo vegetativo en frutos y flores más pesados, También su alto contenido en fósforo, nitrógeno, potasio y micronutrientes que mejora la estructura del suelo y potencia la capacidad de la planta para retener agua, lo que traduce en tejidos más hidratados y una mayor biomasa en la planta.

Los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Rodríguez et al (2024), donde se evaluaron extractos vegetales como bioestimulantes en plantas de tomate. En dicho trabajo se encontró que algunos extractos como los derivados de *Rhus muelleri*, promovieron un mayor peso fresco del tallo, superando incluso otros bioestimulantes. Por lo tanto, los resultados coinciden ya que ambos estudios evidencian que la aplicación de bioestimulantes puede incrementar la biomasa fresca.

Los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Cortez López (2016), donde se evaluaron diferentes bioestimulantes en variables de crecimiento del tomate. En dicho estudio se menciona que la aplicación de bioestimulantes puede influir positivamente en biomasa vegetal y en el desarrollo vegetativo de las plantas, ya que

estos productos estimulan procesos fisiológicos como la absorción de nutrientes y la actividad metabólica.

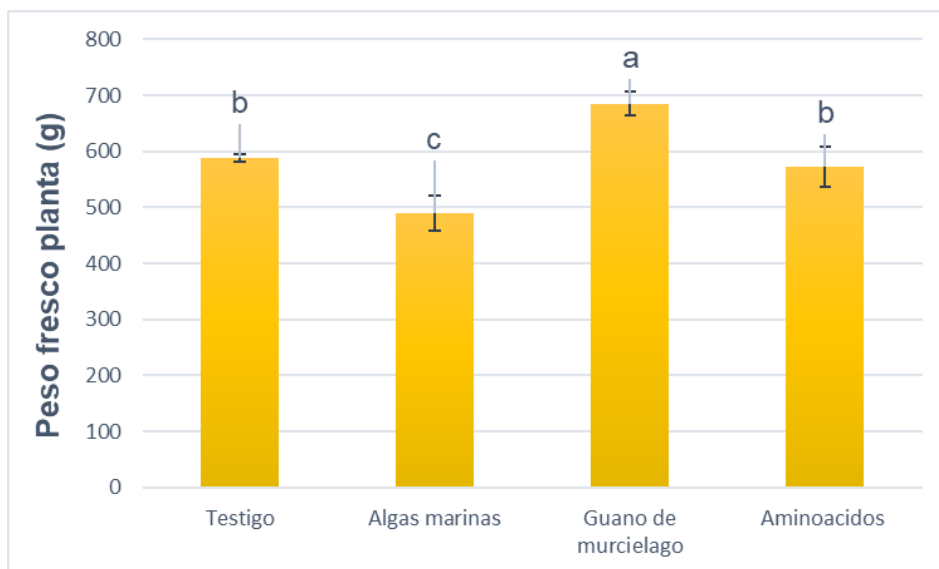


Figura 4. Peso fresco planta de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.5 Peso seco planta

De acuerdo al análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable Peso seco de planta (Figura 5), podemos observar que el Tratamiento 3 Guano de murciélago, tuvo una mayor diferencia significativa favoreciéndolo con un 86.93% al tratamiento T2 algas marinas que tuvo el menor peso seco de planta. Esto se debe a que el guano de murciélago incrementa el peso seco de planta ya que es bioestimulante orgánico potenciador del crecimiento que aumenta la biomasa sólida, en comparación de algas marinas.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Mozqueda Barrientos (2018), donde se evaluó bioestimulantes orgánicos sobre vigor y rendimiento en tomate. Se observó que algunos tratamientos incrementaron e desarrollo vegetativo y en la acumulación de materia seca en las plantas debido a que estos insumos aportan nutrientes y compuestos bioactivos que estimulan procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la división celular y el crecimiento de tejidos vegetales.

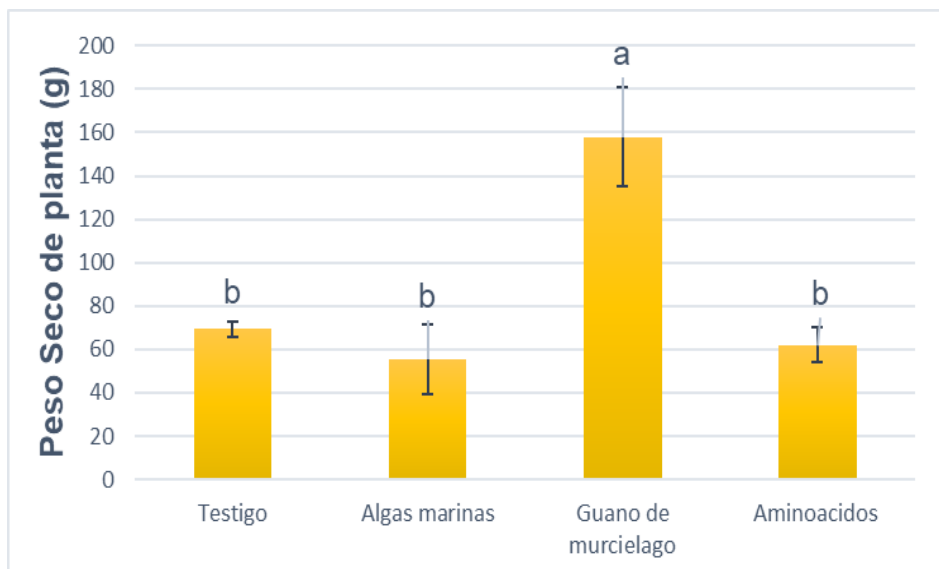


Figura 5. Peso seco de planta de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.6 Peso fresco raíz

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias con la variable Peso fresco de raíz (Figura 6), podemos observar que el T3 Guano de murciélago tuvo una mayor diferencia significativa favoreciéndolo con un 90.69% a T4 que tuvo el menor peso fresco de raíz. Esto se debe a que el guano de murciélago tiene un alto contenido de fósforo (P), el cual estimula el desarrollo radicular más fuerte, denso y extenso. Estimula la actividad microbiana, permite que la planta absorba más agua y nutrientes lo que resulta raíces más pesadas.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Rivera Avilés (2018), donde se evaluó el efecto de microorganismos promotores del crecimiento sobre variables de desarrollo en plantas y se observó un incremento en el peso fresco de raíz en el tratamiento que incluía la aplicación de dichos microorganismos en comparación con otros tratamientos, sin embargo ambos estudios se evidencian que no todos los productos general el mismo efecto en el crecimiento radicular, ya que factores como las condiciones ambientales, la dosis aplicada de cada bioestimulante y la frecuencia de aplicación, pueden influir en el desarrollo del sistema radicular y en la acumulación de biomasa en las plantas.

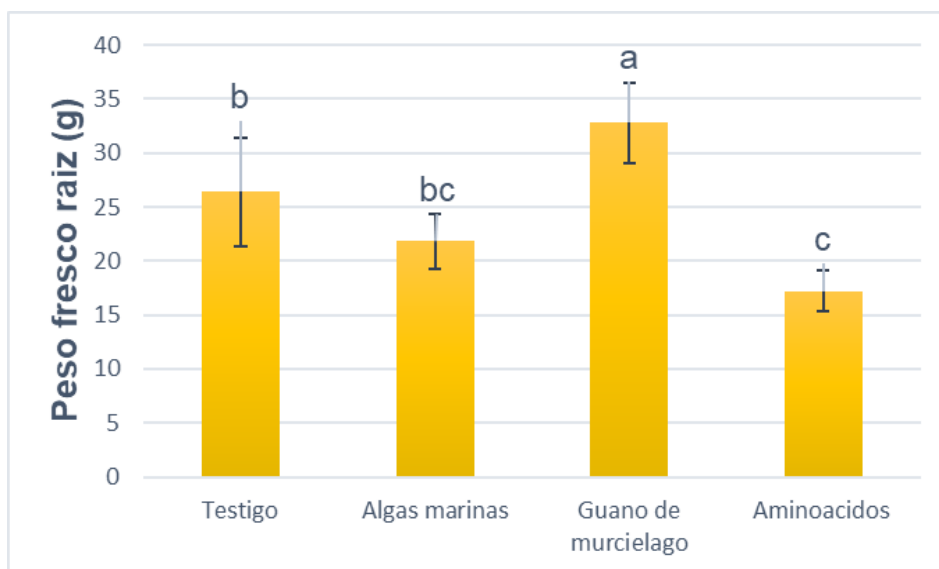


Figura 6. Peso fresco de raíz de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.7 Diámetro polar

De acuerdo con el análisis de varianza y comparación de medias, para la variable Diámetro polar podemos observar en los tratamientos (testigo, algas marinas, guano de murciélago y aminoácidos), que no existen diferencias estadísticamente significativamente entre ellos (Tabla 6), aunque los tratamientos presentan valores numéricamente superiores.

Tabla 5. Resultado de la variable diámetro polar de tomate

Tratamiento	Diámetro polar (mm)
Testigo	69.83 ± 3.46 a
Algas marinas	69.5 ± 2.04 a
Guano de murciélago	67.17 ± 5.05 a
Aminoácidos	65.17 ± 0.76 a

En cuanto al diámetro polar estos resultados coinciden con lo reportado por Gómez Salazar et al (2023), en el estudio de Efecto de bioestimulantes en lagunas variables del tomate cultivar pony express, donde se evaluó bioestimulantes sobre

características del fruto. En dicha investigación el análisis de varianza mostro que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en el diámetro polar del fruto, esto sugiere que esta variable puede estar más influenciada por factores como el genotipo del cultivo, la condición ambiental y el manejo agronómico, que por la aplicación de bioestimulantes. Por lo tanto, se puede incluir que los resultados de ambos estudios coinciden, ya que en ambos casos la aplicación de bioestimulantes o insumos similares no genero cambios significativos en el diámetro polar del fruto.

4.8 Diámetro Ecuatorial

De acuerdo con el análisis de varianza y a los resultados obtenidos en la variable Diámetro Ecuatorial (figura 7), podemos observar que el T2 Algas marinas, tuvo una mayor diferencia significativa favoreciéndolo con un 13.18% al tratamiento 3 que tuvo el menor diámetro ecuatorial. Esto se debe a que las algas marinas promueven el engorde y aumento de tamaño de los frutos lo que se traduce en un mayor diámetro ecuatorial.

Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Abello Jiménez (2022), quien evaluó bioestimulantes a base de aminoácidos en tomate y encontró que la aplicación de estos productos puede mejorar las características de calidad de fruto como el diámetro ecuatorial, debido a que estimulan procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y desarrollo del fruto.

Estos resultados contradicen con lo reportado por Gonzales Cañizares et al (2023), donde se evaluó efecto de bioestimulantes en tomate, se observa que los tratamientos evaluados no generaron diferencias significativas en el diámetro ecuatorial del fruto entre los distintos tratamientos con biostimulantes. Esto indica que, en estudio, la aplicación de bioestimulantes no modifico de manera significativa el tamaño del fruto, manteniéndose valores similares entre los tratamientos. Estas diferencias pueden atribuirse a diversos factores como el tipo de bioestimulantes aplicados, manejo agronómico del cultivo, ya que esos factores influyen en la respuesta fisiológica de la planta y el desarrollo del fruto.

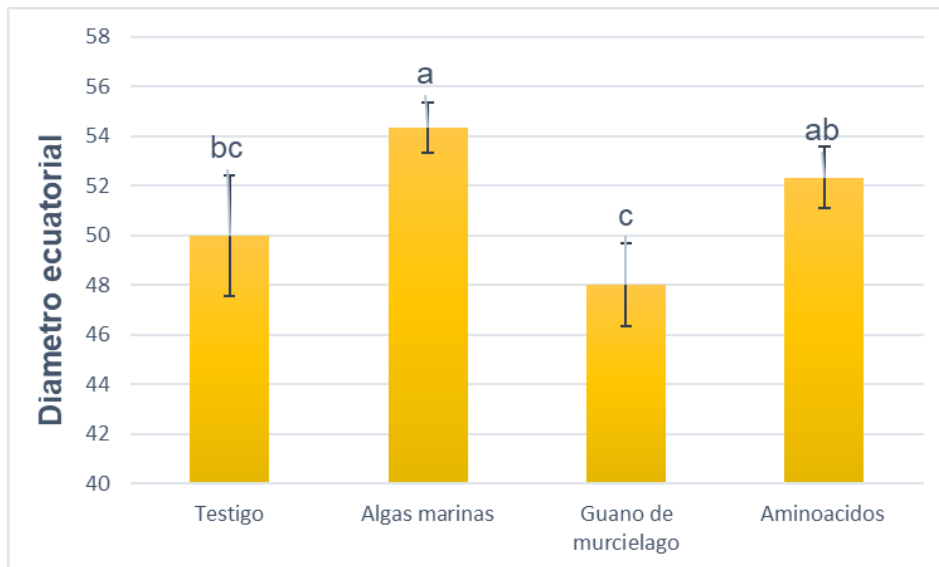


Figura 7. Diámetro ecuatorial de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.9 Peso de fruto

De acuerdo con el análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable peso de fruto (Figura 8), podemos observar que el tratamiento 4 aminoácidos, tuvo una mayor diferencia significativa con un 10.16% al tratamiento 3 guano de murciélago que tuvo el menor peso de frutos. Esto se debe a que el aminoácido aumenta el peso, tamaño y calidad del fruto, su aplicación influye en el engorde del fruto y producción final.

Los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Vázquez Aguilar (2018), donde se evaluó la aplicación foliar en diferentes bioestimulantes, se encontró que las diferentes concentraciones de este insumo influyeron positivamente en variables de calidad de fruto, observándose mejores resultados en concentraciones intermedias de aplicación. Así mismo, estos resultados coinciden con lo reportado por Paniagua et al (2025), donde se evaluaron bioestimulantes orgánicos en tomate, reporta que puede incrementar el rendimiento y mejorar la calidad y peso del fruto, debido a que estos productos estimulan procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y producción, ya que ambos estudios muestran características productivas.

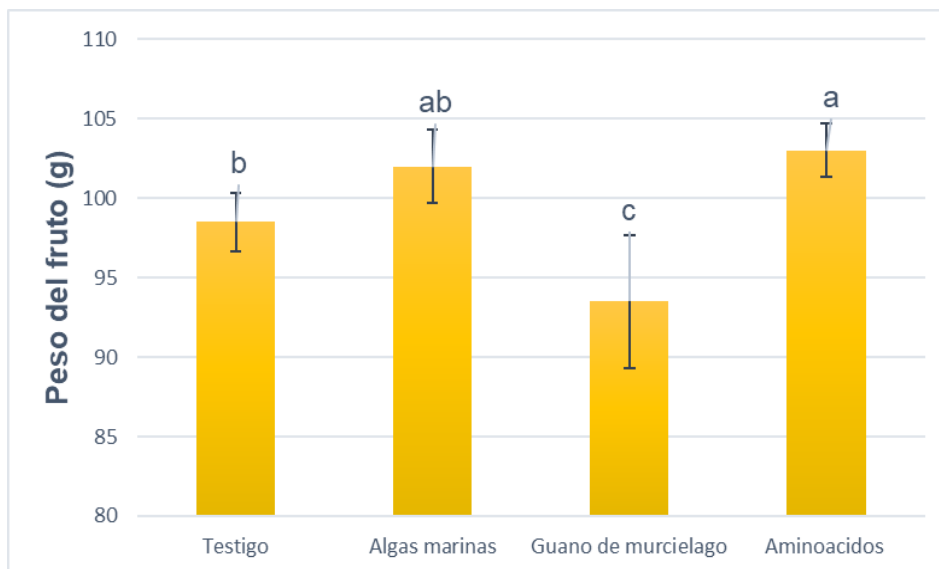


Figura 8. Peso del fruto de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.10 Firmeza

De acuerdo con el análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable firmeza (Figura 9), podemos observar que el Tratamiento 4 Aminoácidos, tuvo una mayor diferencia significativa estadísticamente con un 49.11%, al tratamiento 2 con algas marinas, que tuvo menor firmeza. Esto se debe a que los aminoácidos, actúan como bloques de construcción de proteínas estructurales y enzimas necesarias para fortalecer la pared celular y tener una mayor resistencia.

Los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Rivas García et al (2021), donde se evaluó el efecto de bioestimulante, donde se observan diferencias significativas en la firmeza del fruto, en dicho trabajo supero el tratamiento con un 84.2 %, lo que demuestra el efecto positivo de los bioestimulantes sobre la calidad del tomate. Asimismo, otros estudios han señalado que los reguladores de crecimiento y bioestimulantes pueden incrementar la firmeza del fruto al modificar procesos fisiológicos relacionados con la maduración del fruto. Los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Vázquez Aguilar et al (2018), quienes evaluaron las aplicaciones foliares de distintos bioestimulantes y encontraron ciertas concentraciones de ese fertilizante orgánico que mejoraron significativamente la firmeza del fruto y otras variables de calidad.

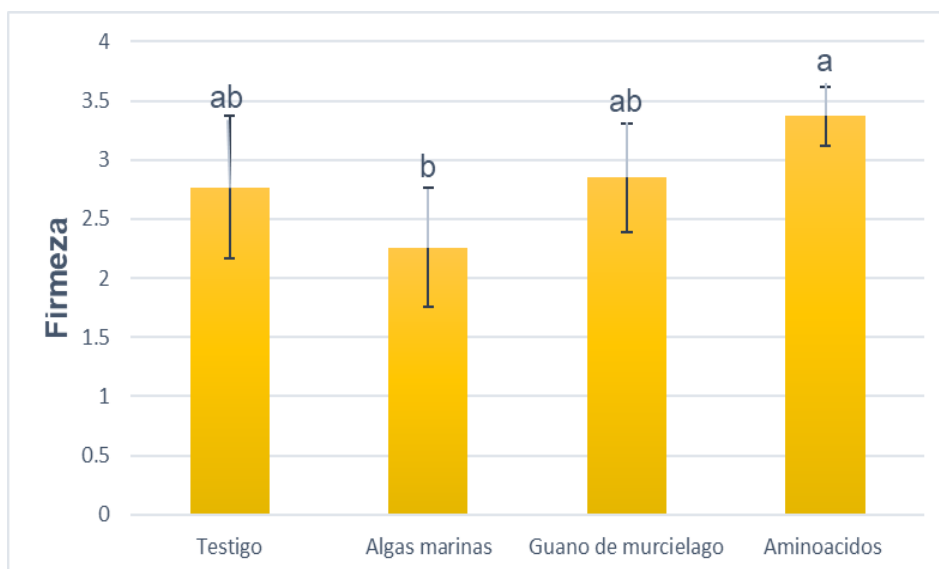


Figura 9. Firmeza (Kg) del fruto de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.11 Sólidos solubles totales

De acuerdo con el análisis de varianza y a los resultados obtenidos, en la variable sólidos solubles (Figura 10), podemos observar que el testigo, tuvo una mayor diferencia significativa estadísticamente favoreciéndolo con un 16.19% al tratamiento 3 Guano de murciélago, que tuvo menor sólidos solubles. Esto se debe a que la Solución Steiner, optimiza la absorción de nutrientes, lo que influye directamente en la acumulación de azúcares y otros compuestos en los frutos.

Los resultados se contradicen parcialmente con lo reportado por Mozqueda Barrientos (2018), quien evaluó diferentes manejos agronómicos en tomate y encontró que no tuvo diferencias significativas en los sólidos solubles totales, lo cual pueden presentar variaciones significativas dependiendo del manejo nutricional particularmente en el régimen de fertilización se evidencia que la calidad de fruto depende de la disponibilidad y balance de nutriente

Los resultados difieren con lo reportado por Gonzales et al (2021), donde se evaluó el efecto de bioestimulantes en tomate, se encontró que las variables de calidad, incluyendo los sólidos solubles, no fueron influenciadas significativamente por los bioestimulantes evaluados. Esto respalda los resultados del presente estudio, donde los tratamientos aplicados no lograron superar a los tratamientos en términos de °Brix,

es posible que los tratamientos aplicados no hayan generado un equilibrio nutricional adecuado para maximizar la acumulación de azúcares en el fruto.

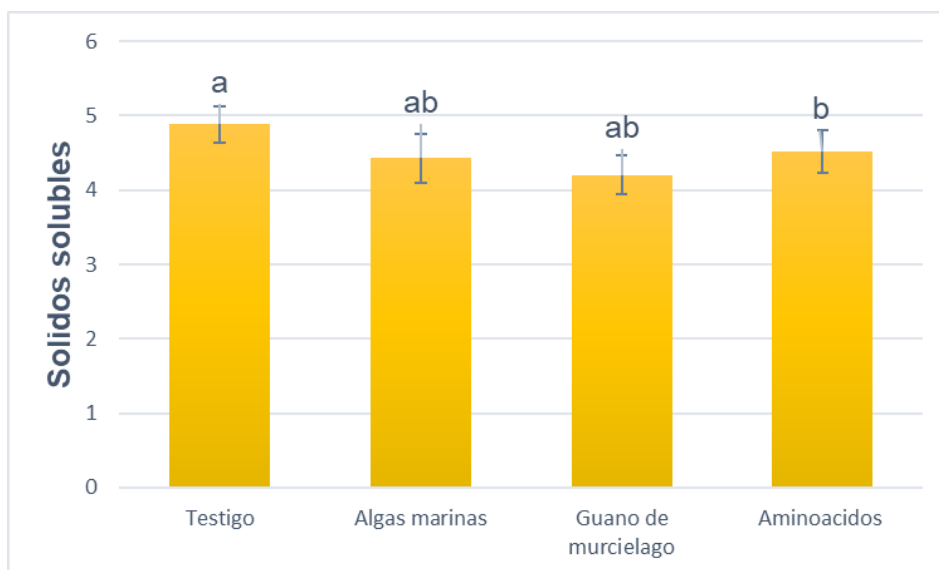


Figura 10. Firmeza del fruto de tomate con los diferentes bioestimulantes

4.12 Vitamina C

Tabla 6. Resultado obtenido en la variable Vitamina C en fruto de tomate

Tratamiento	Vitamina C (mg/100g)
Testigo	10.4 ± 0.92 a
Algas marinas	9.75 ± 1.53 a
Guano de murciélago	9.43 ± 1.10 a
Aminoácidos	8.73 ± 0.76 a

Los resultados obtenidos en Vitamina C (Tabla 7), coinciden parcialmente con lo reportado por Vázquez Aguilar (2018), y se encontró que no hay diferencia estadísticamente entre los tratamientos empleados, no aumentó la concentración de Vitamina C, al igual que el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que esta variable depende principalmente de factores fisiológicos, genéticos lo que indica que la respuesta del cultivo está condicionada por la dosis y el manejo agronómico.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo obtenido en el experimento podemos concluir, que el T3 (Guano de murciélago) fue el que tuvo mayor diferencia estadísticamente demostró ser más eficiente en comparación con los demás tratamientos evaluados. Este tratamiento destacó significativamente en diferentes variables agronómicas clave como el número de frutos, rendimiento, peso seco, peso fresco de raíz evidenciando una respuesta favorable ante esta aplicación de bioestimulante orgánico. Estos resultados pueden atribuirse al aporte de nutrientes, así como mejora al suelo y disponibilidad y absorción de los nutrientes.

El uso del guano de murciélago como bioestimulante orgánico, constituye una alternativa eficiente para mejorar el crecimiento y la productividad del cultivo de tomate, posicionándolo como el mejor tratamiento dentro de las condiciones evaluadas de este estudio.

6. REVISION BIBLIOGRAFICA

- Abello Jiménez, C. F. (2022). Evaluación de bioestimulantes a base de aminoácidos y quitosano en el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Agudelo T., D. A., & Polanco Puerta, M. F. (2019). Evaluación del bioestimulante foliar (Bioagro Triple A) en la producción de tomate tipo chonto (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en dos ambientes de cultivo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. <https://doi.org/10.22490/26653176.3423>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Chambilla, K., Chang, M., Rodríguez-Delfín, A., Huamanyauri, S., & Bisbal, J. C. (2025). Bioestimulantes de algas marinas como estrategia para reducir el estrés oxidativo y mantener el crecimiento en plantas de pimiento bajo condiciones de estrés hídrico. *Ecología Aplicada*, 24(2).
- Ciencia UNAM. (2024). ¡Preservemos al jitomate mexicano! Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://ciencia.unam.mx>
- Cortez López, A. M. (2016). Evaluación de bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8451/K64484%20ANA%20MARIA%20CORTEZ%20LOPEZ.pdf>
- Du Jardin P (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196: 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Ecoland. (2023). Guano de murciélago: ficha técnica. <https://www.guanodemurcielagoecoland.es>
- Escobar-Hernández, J., et al. (2024). Luz suplementaria y su efecto en antioxidantes en tomate y pepino. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(3), e4177. <https://doi.org/10.19136/era.a11n3.4177>.
- Espinosa Antón, Acosta Calderón, J. A., & Hernández Herrera, R. M. (2025). Efecto de extractos de algas marinas en la germinación y el crecimiento de plántulas de tomate. *Revista Bio Ciencias* . <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1797>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González-González, M. (2020). Bioactive seaweed extracts as biostimulants of growth and protection of plants. FAO AGRIS database.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). FAOSTAT statistical database: Crops – Tomato production. FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- García Trujillo, J. A. (2024). Aplicación de extracto de alga marina (*Ascophyllum nodosum*) para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero con acolchado plástico (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.
- García-Alonso, F. J., Jacob, K., Iniesta-López-Matencio, M. D., Periago-Castón, M. J., Martínez-Gracia, M. C., & Ros-Berrueto, G. (2007). Evolución de compuestos bioactivos durante la maduración del tomate. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Gómez Gutiérrez, L. M. (2022). Efecto de bioestimulantes orgánicos sobre la biomasa vegetal y características de rendimiento del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de invernadero (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48056>
- Gonzales cañizares, P. J (2023) efecto de dos bioestimulantes en algunas variables del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Pony Express. Cultivos Tropicales. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193279161004/193279161004.pdf>
- González R., J. O., & Pilco Á., F. J. (2021). Uso de bioestimulantes en la producción de tomate tipo pera en clima cálido tropical (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Repositorio Digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7072>
- González, M. (2024). Historia y origen del tomate: domesticación y difusión global. *SciELO / revista científica chilena*, 25(3), 102–110. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071949942025000300102&script=sci_arttext.
- Intagri. (2022). Bioestimulantes en nutrición, fisiología y estrés vegetal. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (J.). Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), CORPOICA, Gobernación de Antioquia, MANA. <https://www.fao.org/4/a1374s/a1374s00.pdf>
- La Absorción de Nutrientes en Fertilización Foliar | Intagri S.C. (2022.). <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-absorcion-de-nutrientes-a-traves-de-la-fertilizacion-foliar>
- Lesur, L. (2006). Manual del cultivo de tomate. México, México: Ed. Trillas.

- Luna-Guevara, M. L., & Delgado-Alvarado, A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1), 51-66.
- Mozqueda Barrientos, J. R. (2018). Aplicación de bioestimulantes innovadores y su impacto en el vigor y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43061/K%2065271%20Mozqueda%20Barrientos%20Juan%20Ram%C3%B3n.pdf>
- Panchal, P. (2025). Propiedades nutricionales y antioxidantes del tomate. *Journal of Nutrition and Health*.
- Paniagua, L. E., & Riedenauer, B. M. (2025). Aplicación de bioestimulante y fitorregulador para el estudio de su impacto en el vigor y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y morrón (*Capsicum annuum* L.) (Trabajo final de grado, Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. <https://hdl.handle.net/20.500.12219/5944>
- Parađiković N, Teklić T, Zeljković S, Lisjak M, Špoljarević M. (2019) Biostimulants research in some horticultural plant species-A review. *Food and Energy Security* 8(2): 1-12. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>
- Piraquive Bermúdez, D. M., & Jiménez Melo, H. M. (2024). Guano del murciélago (*Carollia perspicillata*) como una fuente de bacterias del ciclo del nitrógeno y su uso como fertilizante. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 22(2). <https://doi.org/10.24054/bistua.v22i2.3045>
- Piraquive-Bermúdez, D. M., & Jiménez-Melo, H. M. (2023). Guano del murciélago *Carollia perspicillata* como una fuente de bacterias del ciclo del nitrógeno y su uso como fertilizante. *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*.
- Rivera Avilés, A. M. (2018). Efecto bioestimulante de dos abonos orgánicos complementarios en el crecimiento de plantines de tomate (*Solanum lycopersicum* L., familia: Solanaceae) durante la fase de vivero [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador.
- Rodríguez, D. J., Ramírez-Pérez, C., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Hernández-Pérez, A., Díaz-Jimenez, M. L. V., & Peña-Ramos, F. M. (2024). Bioestimulantes de plantas del semidesierto en el crecimiento radicular y aéreo de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(3). <https://doi.org/10.19136/era.a11n3.4145>.
- Rojas Veramendi, C. R. (2023). Efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de *Solanum lycopersicum* L. "tomate" bajo condiciones de Pativilca (Tesis de grado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7737>

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2024). Producción agrícola nacional: Tomate rojo. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap>
- Vázquez Aguilar, L. A. (2018). Producción y calidad comercial del tomate cultivado con solución nutritiva y aspersiones foliares de guano (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42943>
- Velarde-Félix, S., Rivas-García, T., Castro-Rocha, A., Hernández-Montiel, L. G., & González-Rodríguez, J. C. (2018). Bioestimulante Liplant®: su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(spe20), 4137-4148. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9iSpecial20.1384>
- Villegas-Espinoza, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Nieto-Garibay, A., Ruiz-Espinoza, F. H., Cruz-Falcón, A., & Murillo-Amador, B. (2021). Bioestimulante Liplant®: su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(spe20), 4137-4147. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.985>